

# **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN**

(11)Publication number : 2000-155289

(43)Date of publication of application : 06.06.2000

(51)Int.Cl.

G02B 27/28

(21)Application number : 11-266166

(71)Applicant : TOKIN CORP  
MINNESOTA MINING & MFG CO <3M>

(22)Date of filing : 20.09.1999

(72)Inventor : MASUMOTO TOSHIKI  
KIMURA MASAYUKI  
TAKAHASHI TATSUO

(30)Priority

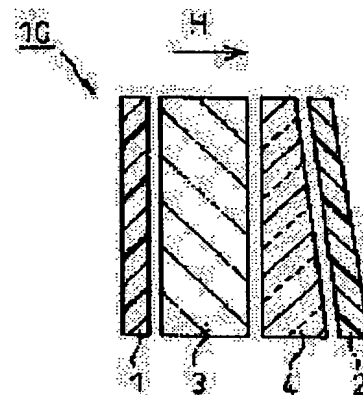
Priority number : 10264257    Priority date : 18.09.1998    Priority country : JP

## **(54) OPTICAL ISOLATOR**

### **(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain an optical isolator of a low cost featuring ease of manufacture and a good yield by providing the optical isolator with polarizers consisting of multilayered polymer films which hold a Faraday rotator from both sides of a light incident side and exit side.

**SOLUTION:** The first polarizer 1 and the second polarizer 2 are respectively polarized light plates of a reflection type consisting of the multilayered polymer films and the transmission polarization directions of the respective polarized lights are so set as to attain an angle of 45° with each other. The 45° Faraday rotator 3 consisting of a thick film of GdBiFe garnet and a glass plate 4 of a tapered shape are arranged in the middle of these two polarized light plates. A magnetic field H along the progression direction of light is impressed on the 45° Faraday rotator 3. The two polymer polarizers 1 and 2 forming the angle of 45° in the transmission polarization directions to the linearly polarized light are arranged before and behind the 45° Faraday rotator 3 in the manner described above, by which high reverse direction loss may be obtained.



## **LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-155289

(P2000-155289A)

(43) 公開日 平成12年6月6日(2000.6.6)

(51) Int.Cl.

識別記号

F I

ターコード(参考)

G 0 2 B 27/28

G 0 2 B 27/28

A

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平11-266166

(22) 出願日 平成11年9月20日(1999.9.20)

(31) 優先権主張番号 特願平10-264257

(32) 優先日 平成10年9月18日(1998.9.18)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000134257

株式会社トーキン

宮城県仙台市太白区郡山6丁目7番1号

(71) 出願人 590000422

ミネソタ マイニング アンド マニユ  
ファクチャリング カンパニー

アメリカ合衆国, ミネソタ 55144-1000,  
セント ポール, スリーエム センター

(72) 発明者 増本 敏昭

宮城県仙台市太白区郡山6丁目7番1号  
株式会社トーキン内

(74) 代理人 100077517

弁理士 石田 敬 (外4名)

最終頁に続く

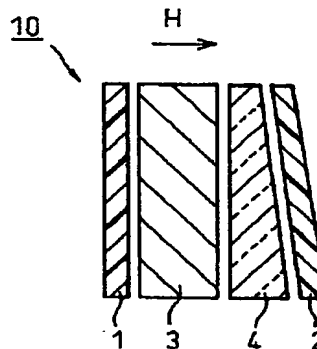
(54) 【発明の名称】 光アイソレータ

(57) 【要約】

【課題】 ファラデー回転子を2つの偏光子で挟んだ構成を有する光アイソレータにおいて、製作を容易にし、かつコストの低減を図ることを目的とする。

【解決手段】 ポリマー多層膜からなる第1の反射型の偏光子と、ファラデー回転子と、ガラス板と、ポリマー多層膜からなる第2の反射型の偏光子とを記載の順序で含んでなるように構成する。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 下記の構成素子：ポリマー多層膜からなる第1の反射型の偏光子、

ファラデー回転子、

ガラス板、及びポリマー多層膜からなる第2の反射型の偏光子を記載の順序で含んでなることを特徴とする光アイソレータ。

【請求項2】 前記ガラス板がテーパー形であることを特徴とする請求項1に記載の光アイソレータ。

【請求項3】 前記ファラデー回転子が偏光面を45°回転可能なものであることを特徴とする請求項1に記載の光アイソレータ。

【請求項4】 前記構成素子が互いに接着剤により接合されていることを特徴とする請求項1に記載の光アイソレータ。

【請求項5】 下記の構成素子：ポリマー多層膜からなる第1の反射型の偏光子、

ファラデー回転子、及びポリマー多層膜からなる第2の反射型の偏光子を記載の順序で含んでなることを特徴とする光アイソレータ。

【請求項6】 前記ファラデー回転子がテーパー形であることを特徴とする請求項5に記載の光アイソレータ。

【請求項7】 前記ファラデー回転子が偏光面を45°回転可能なものであることを特徴とする請求項5に記載の光アイソレータ。

【請求項8】 前記構成素子が互いに接着剤により接合されていることを特徴とする請求項5に記載の光アイソレータ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は光回路素子に関し、さらに詳しく述べると、光通信機器、光情報機器などにおいて光を予め決められた方向にのみ透過させるために用いられる光アイソレータに関する。

## 【0002】

【従来の技術】周知のように、光アイソレータは、典型的には、偏光面を45°回転可能な磁場を印加されたファラデー回転子と、このファラデー回転子を光の入射側及び出射側の両側から挟持する2つの偏光子をもって構成されている。かかる光アイソレータでは、入射側から出射側に進む順方向の光は低損失で、出射側から入射側に戻る逆方向の光は高損失の特性が持たせてあるので、上記したように、光を一方方向にのみ透過させ、逆方向への光の透過を遮断する機能を奏することができる。

【0003】従来、いろいろなタイプの光アイソレータが知られている。一例を示すと、実公平7-17057号公報は、光軸に対して傾斜した入射側端面を有する平行六面体で、半導体レーザの出射光の偏波面を45度回転するファラデー回転子と、該ファラデー回転子の出射側端面に形成した偏光分離膜とで構成されたことを特徴

とする光アイソレータを開示している。偏光分離膜は、P波は透過しS波は反射するという偏光分離性を有するもので、屈折率の異なる誘電体膜を所定の膜厚で交互に積層することにより、形成することができる。

【0004】ところで、従来の光アイソレータにおいて、偏光子としては、例えば、上記した誘電体積層膜のほか、偏光ビームスプリッタ、偏光ガラス、複屈折単結晶などが多く用いられている。しかし、これらの偏光子はいずれも、製造原料が高価であるばかりでなく、その製造において切断、研磨等の加工工程を必須とし、製造工程の複雑化と製造コストの上昇を避けることができない。実際に、従来の光アイソレータの製造コストについて見た場合に、その約50%を偏光子の製造費用が占めている。したがって、現在、光アイソレータの製造において偏光子の製造コストを低減することが望まれている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、従来の光アイソレータと同程度の挿入損失及び逆方向損失を奏するにもかかわらず偏光子の製造に費用をかけないで済み、製作が容易で歩留りもよく、従来よりも低コストな光アイソレータを提供することにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、その1つの面において、下記の構成素子：ポリマー多層膜からなる第1の反射型の偏光子、ファラデー回転子、好ましくは偏光面を45°回転可能なファラデー回転子、ガラス板、好ましくはテーパー形のガラス板、及びポリマー多層膜からなる第2の反射型の偏光子を記載の順序で含んでなることを特徴とする光アイソレータにある。

【0007】また、本発明は、そのもう1つの面において、下記の構成素子：ポリマー多層膜からなる第1の反射型の偏光子、ファラデー回転子、好ましくはテーパー形のファラデー回転子又は偏光面を45°回転可能なファラデー回転子、及びポリマー多層膜からなる第2の反射型の偏光子を記載の順序で含んでなることを特徴とする光アイソレータにある。

【0008】本発明によるこれらの光アイソレータにおいて、それを構成する構成素子は、接着剤あるいはそれに類する接合手段によって互いに接合され、一体的に固定されていることが好ましい。

## 【0009】

【発明の実施の形態】本発明による光アイソレータは、基本的に、従来の光アイソレータと同様な構成を有することができる。すなわち、本発明による光アイソレータは、その構成素子として、少なくとも、偏光面を45°回転可能なファラデー回転子と、このファラデー回転子を光の入射側及び出射側の両側から挟持する2つの偏光子を有している。

【0010】本発明の光アイソレータで用いる2つの偏

光子は、それぞれ、ポリマー多層膜からなる反射型あるいは反射性の偏光子であり、好ましくは偏光フィルムの形で用いられる。これらの偏光子は、区別のため、光の入射側に配置されるものを第1の偏光子と呼び、光の出射側に配置されるものを第2の偏光子と呼ぶことにする。なお、以下においては、特に反射型の偏光フィルムを参照して本発明の偏光子を説明する。

【0011】本発明の実施において使用するのに好ましい反射型の偏光フィルムは、特表平9-507308号公報に開示された多層光学フィルムである。この多層フィルムは、公報中で記載されるように、2種類の異なるポリマーA及びBを交互に積層することによって作製される。すなわち、得られる多層フィルムは、…ABAB…のような順序で積層されたポリマー多層膜の形態を有している。この多層フィルムは、1つの軸(X軸)に沿って、約5:1の延伸比率をもって延伸されているが、もう1つの軸(X軸と直交するY軸)にそって延伸されることはなく、したがって、Y軸に沿っての実質的な延伸比率は1:1である。なお、本願明細書では、このX軸を「延伸方向」と記し、Y軸を「横方向」と記す。

【0012】通常、上記した多層フィルムの作製において、一方のポリマーBには、見掛け屈折率(例えば、1.64)を有し、その値が延伸プロセスにより実質的に変化しないもの、換言すると、光学的に等方性のものが用いられる。他方のポリマーAは、延伸プロセスによりその屈折率が変化する性質を有するものである。例えば、ポリマーAの一軸延伸されたシートは、延伸方向においては、第1の屈折率(例えば、1.88)を有し、横方向においては第2の屈折率(例えば、1.64)を有する。

【0013】ポリマーの多層フィルム(…ABAB…)において、面内軸(フィルムの表面に平行な軸)に係る屈折率は、面偏光された入射光に対する有効な屈折率であると定義され、この偏光面は、前記面内軸に平行である。したがって、多層フィルム(…ABAB…)は、その延伸後、延伸方向において大きな層間屈折率差(1.88~1.64)を示し、しかし、横方向においては層間屈折率は実質的に同一である。これにより、この多層フィルムは、入射光の偏光成分を伝播する反射型偏光フィルムとして機能可能である。ここで、上記Y軸は、伝播軸(あるいは、透過軸)として定義され、反射型偏光フィルムを透過する光は、第1偏光配向(または、偏光方向)を有する。

【0014】一方、反射型偏光フィルムを透過しない光は、第1偏光配向に対して直交する、すなわち、直角をなすところの、第2配向を示す偏光光である。このような偏光配向を示す光は、上記X軸に沿ってフィルムの内面に入射し、上記層間屈折率差の作用により反射される。したがって、上記X軸を、反射軸として定義する。このような状態において、反射型偏光フィルムは、選択

された偏光配向(または、偏光方向)を有する光のみを透過させる。

【0015】反射型偏光フィルムの光学特性(反射性及び透過性)は、通常、それを構成する各種のポリマー層の光学的厚さに依存する。もしも、これらのポリマー層が複数の波長の光の波長に対応した、換言すると、そのような波長で表される光学的厚さを有しているならば、この光学特性は、固有的にバンド(波長帯域)において有効に応答する。もしも、これらの層が光の波長よりも小さい光学的厚さを有するならば、構造的干渉を、選択された波長において、反射型偏光フィルムの光学的性能を改良するために利用することができる。

【0016】後述する実施例に記載の方法により、可視スペクトルの光の波長よりも小さな光学的厚さを有する均一な層を作製することができる。対をなす層A及びBの厚さが入射光の波長の $1/2$ より大きいと( $A+B>\lambda/2$ )、構造的干渉が発生する。この半波長条件により、所定波長において狭いバンドの構造的干渉が生ずる。複数の狭域バンドのポリマー積層体を積層するか、あるいは結合することにより、広域バンドの光学性能を得ることができる。例えば、同一の厚さ( $A+B=\lambda/2$ )を有する第1のポリマー層群を、それとは異なる厚さ( $A+B=\lambda'/2$ )を有する第2のポリマー層群に積層することができる。通常、数百のポリマー層(…ABAB…)を、一体的に積層または結合し、有効な広域バンドの応答を得ることができる。反射型偏光フィルムは、光を所望のあらゆる入射角度において、かつ、あらゆる波長において、反射するように設計されることが好ましい。

【0017】通常、Y軸に対して、これと平行な方向に直線状に偏光された光に対する反射型偏光フィルムの反射率は、20%未満であることが好ましく、より好ましくは10%未満であり、特に好ましくは5%未満である。この反射率は、特定のまたは一般の用途に対して所望の波長域及び入射角度域についての平均値である。X軸に沿って直線状に偏光された光に対する反射型偏光フィルムの反射率は、所望の最大入射角度において、30%以上であることが好ましく、より好ましくは60%以上である。

【0018】反射型偏光フィルムは、上記したポリマー層を…ABAB…の如く交互に含むウェブを、通常、多層フィルムの製造方法に従って作製し、延伸して形成することができる。また、必要に応じて、第1のポリマーA及び第2のポリマーBに加えて、第3のポリマー、第4のポリマー、…を追加的に使用して、これらのポリマー層を含む偏光フィルムを形成してもよい。3種類以上のポリマーを組み合わせ使用するような場合、所望とする効果などに応じてポリマー層の積層順序をいろいろに変更可能である。

【0019】反射型偏光フィルムの形成に好適に使用し

得るポリマー材料の具体例としては、以下に列挙するものに限定されるわけではないけれども、ポリエチレンナフタレート（PEN）の異性体、例えば2，6-，1，4-，1，5-，2，7-及び2，3-PENなど、ポリアルキレンテレフタレート類、例えばポリエチレンテレフタレート、ポリブチレンテレフタレート、ポリ1，4-シクロヘキサジメチレンテレフタレートなど、ポリイミド類、例えばポリアクリルイミド類、ポリエーテルイミド類など、ポリスチレン、例えばアタクチックポリスチレンなど、ポリカーボネート類、ポリメタクリレート類、例えばポリイソブチルメタクリレート、ポリプロピルメタクリレート、ポリエチルメタクリレート、ポリメチルメタクリレートなど、ポリアクリレート類、例えばポリブチルアクリレート、ポリメチルアクリレートなど、セルロース誘導体類、例えばエチルセルロース、酢酸セルロース、プロピオン酸セルロース、セルロースアセテートブチレート、硝酸セルロースなど、ポリアルキレンポリマー類、例えばポリエチレンプロピレン、ポリブチレン、ポリイソブチレン、ポリ（4-メチルペンテン）など、フッ素化ポリマー類、例えばパーフルオロアルコキシ樹脂、ポリテトラフルオロエチレン、フッ素化エチレン-プロピレン共重合体、ポリフッ化ビニリデン、ポリクロロトリフルオロエチレンなど、塩素化ポリマー類、例えばポリ塩化ビニリデン、ポリ塩化ビニルなど、ポリスルホン類、ポリエーテルスルホン類、ポリアクリロニトリル、ポリアミド類、シリコーン樹脂、エポキシ樹脂、ポリ酢酸ビニル、ポリエーテルアミド類、アイオノマー樹脂、エラストマー類、例えばポリブタジエン、ポリイソブレン、ネオプレンなど、ポリウレタン類、その他を挙げることができる。

【0020】また、ポリマー材料としては、上記したような重合体の代わりにあるいはそれと組み合わせて、共重合体も同様に有利に使用することができる。ここで使用し得る共重合体は、2成分共重合体でも、3成分共重合体でも、その他の共重合体であってもよい。好適な共重合体の具体例としては、例えば、（1）ポリエチレンナフタレート（PEN）の共重合体、例えば、2，6-，1，4-，1，5-，2，7-及び（又は）2，3-ナフタレンジカルボン酸又はそのいずれかのエステルと、（a）テレフタル酸又はそのエステル類、（b）イソフタル酸又はそのエステル類、（c）フタル酸又はそのエステル類、（d）アルカンジカルボン酸、及び（e）シクロアルカンジカルボン酸（例えば、シクロヘキサンジカルボン酸）からなる群から選ばれた2以上の酸と、アルカングリコール類及び（又は）シクロアルカングリコール類（例えば、シクロヘキサジメタノールジオール）からなる群から選ばれた1又は2以上のグリコール類とから合成された共重合ポリエステル（いわゆる「コポリエステル」）、（2）ポリアルキレンテレフタレートの共重合体、例えば、（a）テレフタル酸又は

そのエステル類、（b）イソフタル酸又はそのエステル類、（c）フタル酸又はそのエステル類、（d）アルカンジカルボン酸、及び（e）シクロアルカンジカルボン酸（例えば、シクロヘキサンジカルボン酸）からなる群から選ばれた2以上の酸と、アルカングリコール類及び（又は）シクロアルカングリコール類（例えば、シクロヘキサジメタノールジオール）からなる群から選ばれた1又は2以上のグリコール類とから合成された共重合ポリエステル、（3）スチレンの共重合体、例えば、スチレン-ブタジエン共重合体、スチレン-アクリロニトリル共重合体など、を挙げることができる。

【0021】反射型偏光フィルムにおいて、それを構成するそれぞれのポリマー層は、上記したような重合体又は共重合体を単独で含有していてもよく、さもなくば、2種類もしくはそれ以上の重合体及び（又は）共重合体を任意に組み合わせてブレンドとして含有していてもよい。また、偏光フィルムを構成するそれぞれのポリマー層の膜厚は所望とする偏光効果などに応じて広く変更することができるというものの、通常、約0.01～0.70μmの範囲である。さらに、このようなポリマー層の多数を積層して偏光フィルムを形成する時、ポリマー層の積層数は、光透過性を高めるために可及的に最小数の層を用い、所望の光学特性を得るように選択するのが好ましい。偏光フィルム中のポリマー層の積層数は、通常、5，000未満であり、好ましくは1，000未満、特に好ましくは100～500の範囲である。

【0022】さらに、形成される偏光フィルムの膜厚は、これも所望とする偏光効果やポリマー層の積層数などに応じて広く変更することができるというものの、通常、約0.5μm～0.5mmの範囲である。さらに、本発明のポリマー多層膜の偏光子には、本発明の効果を損なわない限り、紫外線吸収剤、酸化防止剤、防微剤、防錆剤、吸湿剤、着色材、燐光物質、界面活性剤等の添加剤を含有させることもできる。また、本発明の効果を損なわない限り、偏光子の表面、裏面又はその両面に、光透過性の保護膜などを形成することもできる。

【0023】このようなポリマー多層膜の偏光子では、それぞれの層が複屈折を有するポリマー材料からなっているので、特定の偏光方向をもつ直線偏光を透過させ、それに直交する直線偏光を反射させることができ、また、ポリマー材料はそれぞれほとんど光吸収を有しないので、透過直線偏光に対する損失を低く抑えることができる。

【0024】第1及び第2の偏光子により挟まれるべきファラデー回転子は、本発明の好ましい1形態において、偏光面を45°回転可能な45°ファラデー回転子からなる。このような場合には、このファラデー回転子と第2の偏光子との間においてテーパー形のガラス板が同時に使用されることが好ましい。45°ファラデー回転子は、この技術分野において一般的な構成を採用する

ことができ、例えば、Bi置換希土類Feガーネット、例えばGdBiFeガーネットの厚膜から形成することが好ましい。また、テーバー形のガラス板は、通常、約1.45～1.65の屈折率を有するガラス、例えば珪酸ガラスなどから形成することができ、そのテーバーの度合いは、光アイソレータを使用する光学系や所望とする効果によって変動するというものの、通常、約0.2～3°の範囲である。

【0025】本発明のもう1つの好ましい形態において、ファラデー回転子は、テーバー形のファラデー回転子からなる。このテーバー形のファラデー回転子も、この技術分野において一般的な構成を採用することができ、例えば、Bi置換希土類Feガーネット、例えばGdBiFeガーネットの厚膜から形成することが好ましい。また、このテーバー形のファラデー回転子におけるテーバーの度合いは、光アイソレータを使用する光学系や所望とする効果によって変動するというものの、通常、約0.2～3°の範囲である。本発明の他の好ましい形態としては、このようなテーバー形のガラス板や、テーバー形のファラデー回転子等のテーバー形の構造を用いるのではなくて、ファラデー回転子を第1及び第2の偏光子により挟み込んだ構成素子全体を、他の部材を用いて必要に応じて例えば約0.2～5°、より好ましくは約0.2～3°の所定の角度だけ、傾斜させることによって、同じような効果を得るようにしても良い。所定の角度だけ傾斜させるための部材としては、安定して所定の傾斜角度が得られるものであればいかなる物であっても良いが、コンパクトなものの方が実用上望ましい。

【0026】本発明の光アイソレータにおいて、それを構成するファラデー回転子、偏光子等の構成素子は、一体的に固定されていることが好ましく、特に、接着剤などにより互いに接合されていることが好ましい。ここで使用する接着剤は、特に限定されないというものの、透明性が高くかつ密着性に優れた接着剤を用いて行うのが有利である。ここで使用し得る接着剤の光透過率は、通常70%以上、好適には80%以上、特に好適には85%以上である。

【0027】このような透明性の高い接着剤としては、高透明性と、高密着力とを有するアクリル系接着剤が好適である。アクリル系接着剤は、イソオクチルアクリレート、ブチルアクリレート、2-エチルヘキシルアクリレート等の、炭素数4～14のアルキル基を有するアクリレートモノマーと、(メタ)アクリル酸、カルボキシルアルキル(メタ)アクリレート、ヒドロキシアルキル(メタ)アクリレート、N、N-ジアルキルアクリルアミド等の極性基を有する(メタ)アクリレートモノマーとを含有する反応物質から得られた重合体、あるいはそのような重合体を含有する組成物である。なお、「(メタ)アクリル酸」とは、周知のように、アクリル酸及び

メタクリル酸を包含する呼称であり、(メタ)アクリレートなどもこれに準じて用いられている。

【0028】アクリル系接着剤あるいはその他の接着剤を使用して素子間の接着を行うに当たっては、例えば、1つの素子の表面に接着剤を適用して接着剤層を形成した後、その接着剤層付きの素子と別の素子とを圧着することによって行うことができる。ここで、接着剤層の厚みは、通常5～100μm、好適には10～50μmの範囲である。接着剤層は、例えば、上記重合体又は重合体組成物を含有する塗布液を素子上に塗布して設けることができる。また、上記反応物質を含んでなる塗布液を塗布した後、素子上で重合操作を行うこともできる。あるいは、別途剥離フィルム上に形成されたフィルム状接着剤を、剥離フィルムから素子の上に転写させることもできる。接着剤層は、透明性を損なわない限り、前述のような各種の添加剤を含有していてもよい。

【0029】本発明の光アイソレータにおいては、ファラデー回転子の前後に、直線偏光に対する透過偏光方向が45°の角度をなす2つのポリマー偏光子を配置したことにより、高い逆方向損失を得ることができる。すなわち、このように構成される光アイソレータの逆方向損失は、偏光子の消光比、ファラデー回転角の光波長依存性及び温度依存性等によるが、本発明で使用了ポリマー偏光子は、透過しない光を反射させるために、その反射光を光学系の外に導き出すことによって、高い逆方向損失を得ることができる。

#### 【0030】

【実施例】以下、添付図面を用いて本発明の実施例を詳細に説明する。なお、本発明は、下記の実施例によって限定されるものではないことを理解されたい。

#### 実施例1

図1は、本発明による光アイソレータの第1の実施例を示す断面図である。図示の光アイソレータ10において、第1の偏光子1及び第2の偏光子2は、それぞれ、前述のポリマー多層膜からなる反射型の偏光板であって、それぞれの偏光板の透過偏光方向が互いに45°の角度をなすように設定されている。それぞれの偏光板の厚さは約0.1mmである。これらの2枚の偏光板の中間に、GdBiFeガーネットの厚膜からなる45°ファラデー回転子3とテーバー形のガラス板4が図示のように配置されており、また、45°ファラデー回転子3には、光の進行方向に沿った磁場Hが印加されている。テーバー形のガラス板4は、屈折率が1.55でありかつテーバー角度が2°である。また、それぞれの素子は、図示しないけれども、アクリル系の接着剤(イソオクチルアクリレート-アクリル酸共重合体、光透過率は約98%)で接合され、固定されている。

【0031】図示の光アイソレータ10の動作原理は、その光アイソレータにおける順方向及び逆方向透過光の光路を示す図2の断面図を参照して説明することができ

る。まず、光アイソレータ10に順方向から入射した光 $L_1$ は、第1の偏光子1、 $45^\circ$ ファラデー回転子3、テーパー形のガラス板4、そして第2の偏光子2を順次透過し、光路 $L_1$ の方向に射出する。このとき、素子間を接合する接着剤と光アイソレータ10を取り囲む空気屈折率の比に応じて、僅かであるが、光の屈折がある。

【0032】一方、光アイソレータ10に逆方向（図の右側）から入射した光 $L_2$ は、その一方の偏光成分が第2の偏光子2によって、光路 $L_2$ の方向に反射される。また、ここで反射されずに第2の偏光子2を透過した偏光成分は、テーパー形のガラス板4と $45^\circ$ ファラデー回転子3を順次透過し、第1の偏光子1に入射する。このとき、偏光子1の偏光方向は、その偏光子の透過方向から $90^\circ$ 回転しているため、偏光子1に入射した光は再び反射され、ファラデー回転子3とテーパー形のガラス板4を透過して偏光子2に至る。偏光子2において、入射光の偏光方向は偏光子2の透過方向から $90^\circ$ 回転しているため、反射される。次いで、反射された光は、テーパー形のガラス板4とファラデー回転子3を透過して偏光子1に入射するが、偏光子1の透過方向に一致しているため、透過して光路 $L_1$ の方向に進行する。この光進行方向 $L_1$ は、順方向の光の入射方向 $L_1$ と比較した場合、テーパー形のガラス板4のテーパー角度の2倍と接着剤の屈折率の積にほぼ等しい角度だけ傾いている。すなわち、図示の光アイソレータ10が配置された光学系において、逆方向の入射光は、順方向の入射光の光路に結合することがない。

【0033】上記の挙動を説明したものが、図3に示すグラフである。このグラフには、図1の光アイソレータ10を平行光束の光学系に配置した時の光学特性がプロットされていて、図中、曲線Iが順方向の光における損失を指し、曲線IIが逆方向の光における損失を指す。例えば、波長が $1550\text{nm}$ の時、順方向損失は約 $0.34\text{dB}$ であり、逆方向損失は約 $41\text{dB}$ である。この結果は、図示の光アイソレータ10の場合には、その構成に由来して顕著に高い逆方向損失を達成し得ることを示している。

【0034】さらに、図1の光アイソレータ10は、従来の光アイソレータと比較した場合、非常に簡単な製造プロセスで容易に製造することができ、製品の歩留りも良好である。すなわち、それぞれの構成素子を接着剤で貼り合わせて固定することができるので、多数個の光アイソレータを一括して正確に製造することができ、製造コストの低減や歩留りの向上に大きく貢献することができる。例えば、それぞれのサイズが $11\text{mm}$ 角の、ファラデー回転子、テーパー形のガラス板、そして2枚の偏光板を接着した後、切断したとすると、合計して25個の光アイソレータ（サイズは $1.7\text{mm}$ 角となる）を得ることができる。

## 実施例2

図4は、本発明による光アイソレータの第2の実施例を示す断面図である。図示の光アイソレータ10において、第1の偏光子1及び第2の偏光子2は、それぞれ、前記実施例1において使用したものに同じ、ポリマー多層膜からなる反射型の偏光板であって、それぞれの偏光板の透過偏光方向が互いに $45^\circ$ の角度をなすように設定されている。これらの2つの偏光子の間に、 $\text{GdBiFe}$ ガーネットの厚膜からなるテーパー形のファラデー回転子5が図示のようにサンドイッチされており、また、ファラデー回転子5には、光の進行方向に沿った磁場 $H$ が印加されている。ファラデー回転子5のテーパー角度は $2^\circ$ である。また、それぞれの素子は、図示しないけれども、アクリル系の接着剤（イソオクチルアクリレート-アクリル酸共重合体、光透過率は約 $98\%$ ）で接合され、固定されている。さらに、第1の偏光子1及び第2の偏光子2には、それぞれ、その対空気面に無反射コーティングが施されており、ファラデー回転子5の両面にも、接着剤に対する無反射コーティングが施されている。

【0035】図示の光アイソレータ10では、ファラデー回転子5にテーパーが付いているので、透過光線に対する光アイソレータ10の中心軸11からの距離に依存して、ファラデー回転角が変化する。しかし、光アイソレータを配置した光学系において、必要とされるテーパー角度は通常 $1\sim 2^\circ$ 程度であることが多く、この程度であれば、平均のファラデー回転子の厚さが $0.4\text{mm}$ 程度の $\text{Bi}$ 置換希土類 $\text{Fe}$ ガーネット厚膜においては、光のビーム直径が $1\text{mm}$ の場合、 $25\text{dB}$ 以上の高い逆方向損失を得ることができる。

【0036】図示のタイプの光アイソレータにおいては、ファラデー回転子として例えば外部磁場を必要としない $\text{Bi}$ 置換希土類 $\text{Fe}$ ガーネット厚膜を用いると、偏光子の厚さが $0.1\text{mm}$ 程度なので、小型の光アイソレータが得られるとともに、一括製作が可能のために、低価格の光アイソレータを提供することが可能になる。さらには、 $45^\circ$ ファラデー回転子の厚さが $1.5\text{mm}$ を越えるような場合、例えば、波長依存性を優先した $\text{Bi}$ 置換希土類ガーネット厚膜、 $\text{CdMnMgTeSe}$ 結晶などにおいては、テーパー角度が $2^\circ$ 以下であれば、光透過面内のファラデー回転角の変化は、無視することができる、より良好なアイソレーションを得ることができる。

## 【0037】実施例3

図5は、本発明による光アイソレータの第3の実施例を示す断面図である。図示の光アイソレータ10において、第1の偏光子1及び第2の偏光子2は、それぞれ、前述のポリマー多層膜からなる反射型の偏光板であって、それぞれの偏光板の透過偏光方向が互いに $45^\circ$ の角度をなすように設定されている。それぞれの偏光板の厚さは約 $0.1\text{mm}$ である。また、それぞれの偏光板とガ



ラス板を片面に反射防止処理（対象波長1310nm、酸化アルミニウム／フッ化マグネシウム／酸化ジルコニウム各層の厚さ0.4μm）を施した貼り合わせたものをガラス板が外側を向くように配置してもよい。この場合のガラス板の厚さは約0.3mmである。これら2枚の偏光板の間に、GdB i F eガーネットの厚膜からなる45°ファラデー回転子3が図示のように配置されており、また、45°ファラデー回転子3には、光の進行方向に沿った磁場Hが印加されている。また、それぞれの素子は、図示しないけれども、アクリル系の接着剤（イソオクチルアクリレート-アクリル酸共重合体、光透過率は約98%）で結合され、固定されている。また、光アイソレータ10は、図示しないけれども、他の部材によって光の入射方向に対して3°から4°傾けて配置される。

【0038】図示の光アイソレータ10の動作原理は、その光アイソレータにおける準方向及び逆方向の透過光の光路を示す図5の断面図を参照して説明することができる。まず、光アイソレータ10に順方向から入射した光 $L_1$ は、第1の偏光子1、45°ファラデー回転子3、そして第2の偏光子2を順次透過し、光路 $L_1$ の方向に出射する。このとき素子間を接合する接着剤と光アイソレータ10を取り囲む空気の屈折率の比に応じて、僅かであるが、光の屈折がある。一方、光アイソレータ10に逆方向から入射した光 $L_2$ は、図6に示すように、第2の偏光子2により45°方向の偏光のみ45°ファラデー回転子3に入射し、他は光路 $L_1$ の側に反射する。そして、ファラデー回転子3に入射した光は、光路 $L_1$ で入射した時と同方向に45°回転する。すると、偏光方向は第1の偏光子1に対し90°となり、反射される。第1の偏光子1で反射した光は、ファラデー回転子3で45°回転し、偏光子2に達するが、偏光子2に対して90°となり、また反射して45°回転する。そして、偏光子1に達すると、光の偏光方向は偏光\*

\*子1と同じとなり、側へ透過する。しかし、素子が傾いているため、光は図6に示すように進み、光源の軸から離れた位置 $L_1$ に入射する。よって、戻り光は光源へは入射しないことになる。

【0039】

【発明の効果】以上に説明したように、本発明によれば、ファラデー回転子を2つの偏光子で挟んだ構成を有する光アイソレータにおいて、使用する偏光子が大面積であり、研磨等の加工が不要であるという効果に加えて、このような偏光子を使用することにより、容易かつ簡単な製造プロセスで光アイソレータを量産的に製造することができるという効果、また、その結果、製造コストの低減を図ることができるという効果もある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による光アイソレータの第1の実施例を示す断面図である。

【図2】図1の光アイソレータにおける透過光の経路を説明した断面図である。

【図3】図1の光アイソレータにおける光学特性を説明したグラフである。

【図4】本発明による光アイソレータの第2の実施例を示す断面図である。

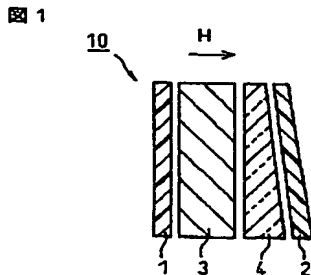
【図5】本発明による光アイソレータの第3の実施例を、透過光の経路とともに示す断面図である。

【図6】図5の光アイソレータにおける光の経路をさらに詳細に示す断面図である。

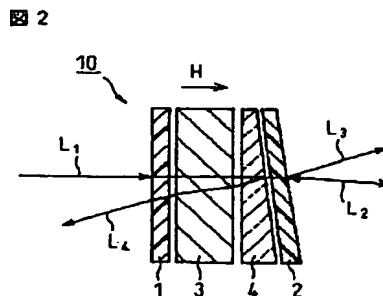
【符号の説明】

- 1…第1の偏光子
- 2…第2の偏光子
- 3…45°ファラデー回転子
- 4…テーパー形のガラス板
- 5…テーパー形のファラデー回転子
- 10…光アイソレータ
- 11…中心軸

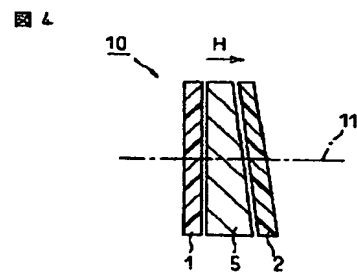
【図1】



【図2】

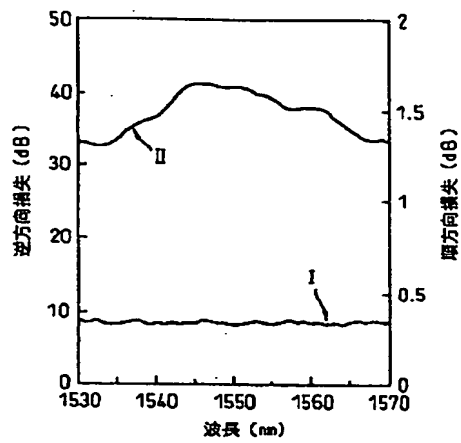


【図4】



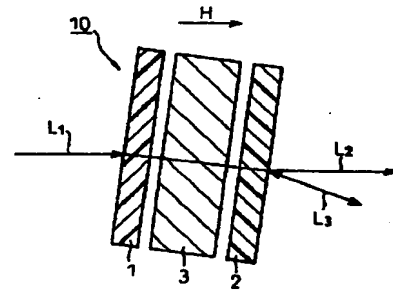
【図3】

図3



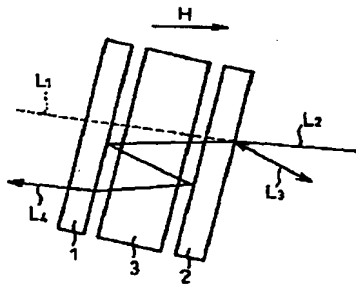
【図5】

図5



【図6】

図6



フロントページの続き

(72)発明者 木村 昌行  
宮城県仙台市太白区郡山六丁目7番1号  
株式会社トーキン内

(72)発明者 高橋 立夫  
東京都世田谷区玉川台二丁目33番1号 住  
友スリーエム株式会社内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**